

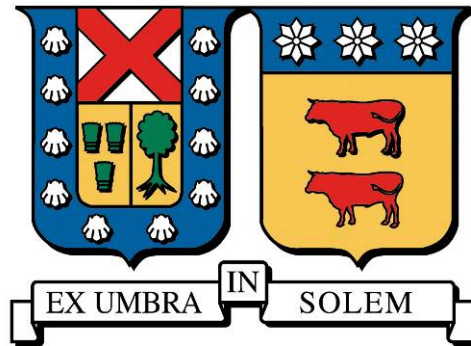
**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“PROPUESTA DE VALORIZACIÓN  
ENERGÉTICA DE ACEITES LUBRICANTES  
USADOS DE MOTOR PARA CUMPLIR  
OBLIGACIONES DE LA LEY 20.920 EN LA  
REGIÓN DEL BIOBÍO”**

**Gastón Hernández Camarena**

**MAGISTER EN ECONOMIA ENERGETICA**

2017



**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“PROPUESTA DE VALORIZACIÓN  
ENERGÉTICA DE ACEITES LUBRICANTES  
USADOS DE MOTOR PARA CUMPLIR  
OBLIGACIONES DE LA LEY 20.920 EN LA  
REGIÓN DEL BIOBÍO”**

Tesis de grado presentada por

**Gastón Nicolás Hernández Camarena**

como requisito parcial para optar al grado de

**Magister en Economía Energética**

Profesor Guía

MBA, Ing. Rodrigo Benavides Valenzuela

Profesor Correferente

Ing. Marco Mancilla Ayancán

Julio 2017

TITULO DE LA TESIS:

**PROPUESTA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE ACEITES LUBRICANTES USADOS DE MOTOR PARA CUMPLIR OBLIGACIONES DE LA LEY 20.920 EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO**

AUTOR:

**Gastón Nicolás Hernández Camarena**

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de Magíster en Economía Energética del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María.

MBA, Ing. Rodrigo Benavides Valenzuela.....

Ing. Marco Mancilla Ayancán.....

Concepción, Chile. Julio de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y familia, por su incondicional apoyo.

## RESUMEN

Al igual que en la tendencia mundial, nuestro país posee un parque automotriz en constante crecimiento. Además de consumir combustible para su funcionamiento, los automóviles deben contar con una correcta lubricación de su motor. Así, el aceite lubricante de motor es el suministro más importante después del combustible, teniendo un mercado en la Región del Biobío que asciende a alrededor de 10 millones de litros proyectados al presente año.

En este contexto y a partir del año 2017 entrará en vigencia la Ley 20.920 del Ministerio de Medio Ambiente fue promulgada el 17 de mayo del 2016 y más conocida como Ley de Responsabilidad Extendida al Productor, que tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor. Todo esto con el claro objetivo de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

En función en lo anterior, la presente tesina hace una propuesta de valorización energética de aceites lubricantes usados de motor para cumplir obligaciones de la ley 20.920 en la región del Biobío, proponiendo como principal modelo de negocio la comercialización de Diesel Like Fuel producido por una Planta de Tratamiento de Aceites Lubricantes Usados (ALU), cuya tecnología se basa en proceso de pirólisis de los aceites de motor recuperados.

El modelo de negocios propuesto para el mercado energético regional considera la comercialización de la producción de DLF para ser utilizada como combustible para las partidas de las Termoeléctricas a carbón y a biomasa que operan en la región del Biobío.

La evaluación económica de la implementación de esta propuesta, concluye que una planta de capacidad de tratamiento de 15 ton/día de ALU rentabiliza los niveles de inversión para distintos escenarios de proyección de precio del Diesel.

## **ABSTRACT**

As in the world trend, our country has a growing automobile park. In addition to consuming fuel for their operation, cars must have a proper lubrication of their engine. Thus, engine lubricating oil is the most important supply after the fuel, having a market in the Biobío Region that amounts to about 10 million liters projected this year.

In this context and from the year 2017 will enter into force Law 20,920 of the Ministry of Environment was promulgated on May 17, 2016 and better known as the Law of Extended Responsibility to Producer, which aims to reduce the generation of waste and promote its Reuse, recycling and other valuation, through the establishment of extended producer responsibility. All this with the clear goal of protecting the health of people and the environment.

Based on the foregoing, this thesis proposes the energy valorization of used motor lubricating oils to comply with obligations of law 20,920 in the Biobío region, proposing as a main business model the commercialization of Diesel Like Fuel produced by a Plant Of Used Lubricating Oil Treatment (ALU), whose technology is based on pyrolysis process of recovered motor oils.

The proposed business model for the regional energy market considers the commercialization of DLF production to be used as fuel for the coal and biomass thermoelectric plants operating in the Biobío region.

The economic evaluation of the implementation of this proposal, concludes that a treatment plant of 15 ton / day of ALU yields the investment levels for different scenarios of Diesel price projection.

## GLOSARIO

INE	:	Instituto Nacional de Estadística
B2C	:	Business to Consumer
REP	:	Responsabilidad Extendida al Productor
ALU	:	Aceite Lubricante Usado
CAL	:	Combustible Alternativo Líquido
CNE	:	Comisión Nacional de Energía
EIA	:	Energy Information Administration
AEO	:	Annual Energy Outlook
ENEX	:	Empresa Nacional de Energía
DLF	:	Diesel Like Fuel

## INDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	5
GLOSARIO.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	4
1 INTRODUCCION.....	12
2 OBJETIVOS .....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
2.2.1 Ley REP.....	15
2.2.2 Mercado energético.....	15
3 METODOLOGIA.....	16
3.1 MERCADO B2C Y POTENCIAL DE RECUPERACIÓN .....	16
3.2 LEY 20.920 Y TRATAMIENTO ALU.....	16
3.3 COMBUSTIBLES Y COMBUSTIBLE ALTERNATIVO LÍQUIDO .....	17
3.4 MODELOS DE NEGOCIO .....	18
3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	18
3.6 CONCLUSIONES.....	19
4 MERCADO B2C ACEITE DE MOTOR.....	20
4.1 PARQUE AUTOMOTRIZ NACIONAL .....	20
4.2 MERCADO LUBRICANTES DE MOTOR EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO.....	21
5 LEY 20.920.....	23
5.1 ACTORES QUE ESTABLECE LA LEY Y SUS OBLIGACIONES .....	24
5.1.1 Productor de producto prioritario (PPP).....	24
5.1.2 Consumidor de producto prioritario (PP) .....	24
5.1.3 Gestor de residuo de producto prioritario .....	24
5.1.4 Distribuidor y comercializador .....	25
5.1.5 Sistemas de gestión.....	25
5.2 METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN.....	26
5.3 MECANISMOS DE APOYO.....	26
5.4 ESCENARIO SIN PROPUESTA .....	27

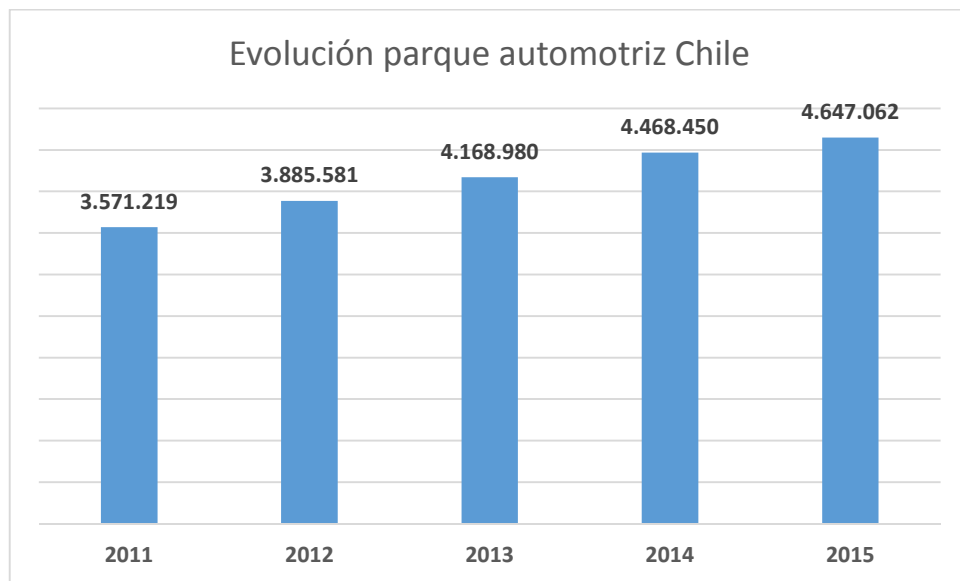
5.5	ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA .....	27
6	PLANTA DE TRATAMIENTO ACEITES LUBRICANTES USADOS.....	28
6.1	DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO .....	28
6.2	REQUERIMIENTOS OPERACIONALES.....	30
6.3	PRODUCCIÓN .....	30
6.4	APLICACIONES DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA.....	30
7	COMBUSTIBLES Y DIESEL LIKE FUEL .....	31
7.1	MERCADO DE COMBUSTIBLES REGIÓN DEL BIOBÍO.....	31
7.2	COMPARACIÓN DLF VERSUS DIESEL .....	32
8	MODELOS DE NEGOCIO .....	33
8.1	MODELOS DE NEGOCIO POR TECNOLOGÍA .....	36
8.1.1	Centrales Vapor Carbón .....	36
8.1.2	Centrales a Biomasa.....	36
8.1.3	Turbinas a Gas Ciclo Abierto .....	37
8.1.4	Motores de Combustión Interna .....	37
8.1.5	Industria Cementera .....	37
8.1.6	Industria Forestal .....	37
9	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	38
9.1	FINANCIAMIENTO .....	38
9.2	FLUJO DE CAJA .....	38
9.2.1	Inversión inicial .....	39
9.2.2	Cálculo de ingresos por ventas de DLF.....	39
9.2.3	Cálculo de ingresos por ventas de Asfalto .....	41
9.2.4	Cálculo de costos variables .....	41
9.2.5	Costos fijos .....	43
9.2.6	Depreciación de activos .....	43
10	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	44
10.1	ANÁLISIS DE CASO BASE.....	46
10.1.1	Resultados indicadores VAN y TIR del Caso Base .....	46
10.1.2	Análisis de costos del Caso Base .....	46
10.2	SENSIBILIZACIÓN PLANTA 5 TON/DÍA.....	47
10.2.1	Sensibilización porcentaje de castigo al precio.....	48

10.2.2	Sensibilización pago por retiro ALU .....	48
10.3	SENSIBILIZACIÓN PLANTA 10 TON/DÍA.....	49
10.3.1	Sensibilización porcentaje de castigo al precio.....	49
10.3.2	Sensibilización pago por retiro ALU .....	50
10.4	SENSIBILIZACIÓN PLANTA 15 TON/DÍA.....	51
10.4.1	Sensibilización porcentaje de castigo al precio.....	51
10.4.2	Sensibilización pago por retiro ALU .....	52
11	CONCLUSIONES .....	53
12	RECOMENDACIONES TRABAJOS FUTUROS .....	55
13	BIBLIOGRAFIA.....	56

## 1 INTRODUCCION

Al igual que en la tendencia mundial, nuestro país posee un parque automotriz en constante crecimiento. Esta afirmación se valida al comparar la cantidad de automóviles al término del año 2015 con respecto al 2011. Este aumentó en casi 1.1 millones de máquinas motorizadas llegando a 4.64 millones al término del año 2015 de acuerdo a cifras entregadas por el Instituto Nacional de Estadísticas, INE, que considera transportes particulares, colectivos y de carga. Es decir, de la cantidad de vehículos con que cuenta actualmente el país alrededor de un 25% se agregó sólo en los últimos 4 años.

Gráfico 1.1: Evolución del parque automotriz nacional



Fuente: Elaboración propia con datos del INE

Además de consumir combustible para su funcionamiento, los automóviles deben contar con una correcta lubricación de su motor. Así, el aceite lubricante de motor es el suministro más importante después del combustible, teniendo un mercado en la Región del Biobío que asciende a alrededor de 14 millones de litros proyectados al presente año.

En este contexto y a partir del año 2017 entrará en vigencia la Ley 20.920 del Ministerio de Medio Ambiente fue promulgada el 17 de mayo del 2016 y

más conocida como Ley de Responsabilidad Extendida al Productor, que tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor. Todo esto con el claro objetivo de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

En la actualidad, la recuperación de los aceites lubricantes usados alcanza altos niveles en la Industria Minera. Esto, principalmente debido a que este rubro posee una infraestructura y logística apropiada para la recolección. Además, es fuertemente impulsado por las políticas internas que las grandes compañías se autoimponen para cumplir la normativa legal vigente (D.S. N°148/2005 del Ministerio de Salud, que aprueba el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos).

Distinto es el escenario de los demás actores del mercado, como talleres y lubricentros, donde cada establecimiento se encarga del acopio y disposición final del aceite lubricante usado. Este es el mercado Business to Consumer (B2C), donde actualmente no es posible comprobar que los aceites lubricantes usados sean manejados de acuerdo a lo descrito en el Decreto 148, principalmente debido a la gran dispersión de los centros de generación de residuos. Cabe resaltar, que en este mercado se comercializan principalmente los aceites de motor y se observan números de cambio desde 1 hasta 40 diarios, dependiendo la época del año.

La ley 20.920 en su Título I, Artículo 1°, hace referencia a que el productor o generador de un residuo debe internalizar los costos y las externalidades negativas asociadas a su manejo. Debido a lo anterior, se busca entregar una solución a este problema, transformándolo en una oportunidad de negocio rentable en comparación a los costos asociados al manejo y disposición final del aceite de motor después de su cambio.

En función de todo lo anterior, esta tesina busca proponer una alternativa que mitigue los sobrecostos de la implementación de la Ley REP en el

mercado B2C, valorizando energéticamente el aceite lubricante de motor usado (ALU) en un modelo de negocio dado. De este modo, se cuantificará el potencial aporte a la matriz energética regional a través de un combustible alternativo líquido (CAL) y se podrá evaluar si el sobre costo asociado a la aplicación de la Ley 20.920 será traspasado en su totalidad al consumidor final o bien puede ser amortizado por el beneficio económico que entrega su comercialización en los modelos de negocios propuestos.

Actualmente en Chile, no existen especificaciones técnicas de combustible alternativo líquido a partir de aceite lubricante usado. Se espera que a raíz de la implementación de la ley REP se definan normas para la producción y comercialización de este combustible en el futuro próximo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer modelos de negocio que permitan validar una alternativa energética de mitigación de los sobrecostos que implicará la aplicación de la ley REP al producto prioritario Aceite Lubricante comercializado en el mercado B2C de la Región del Biobío.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

#### **2.2.1 Ley REP**

Verificar planes de acción de las empresas importadoras y productoras de aceites de motor con respecto a la recolección y disposición final de sus productos impuesta por la Ley 20.920, analizando los costos asociados a su implementación en que deberán incurrir.

Realizar un levantamiento del mercado de aceites de motor en la zona estudiada a modo de establecer el potencial de recuperación para valorizar energéticamente los residuos.

#### **2.2.2 Mercado energético**

Realizar un levantamiento de la matriz energética de la Región del Biobío, a modo de asociar un potencial mercado de Combustible Alternativo Líquido (CAL) producido a partir de Aceite Lubricante Usado.

Estudiar los procesos de las Plantas de Tratamiento de Aceite Lubricante Usado existentes.

### **3 METODOLOGIA.**

La metodología que se empleará en el desarrollo de esta tesis es la que se explica a continuación y está específicamente orientada a poder cumplir con los objetivos indicados en el capítulo 2.

#### **3.1 MERCADO B2C Y POTENCIAL DE RECUPERACIÓN**

En esta primera etapa, se cuantificará la cantidad de ALU que la región genera anualmente. Para esto, se revisará estadística entregada por el INE, con el objetivo de desglosar el parque automotriz de la zona y el crecimiento que ha tenido en los últimos años. Finalmente para establecer el consumo de aceite anual de la región, se utilizará la metodología implementada por el mercado B2C para calcular el market share de las empresas comercializadoras y productoras de aceites de motor. Esta considera promedios de cambios de aceite anual y volúmenes de cárter para cada tipo de vehículo. Así, es posible establecer el potencial de recuperación considerando un porcentaje de pérdida de 30% debido a fugas, combustión y otros.

#### **3.2 LEY 20.920 Y TRATAMIENTO ALU**

Luego de analizar el parque automotriz y el mercado B2C para obtener el potencial de recuperación, se realizará una completa revisión de la Ley 20.920, a modo de conocer las exigencias y la gradualidad en que éstas se implementarán.

A su vez, se buscará qué es lo que están haciendo países referentes en el mundo en recuperación de aceites lubricantes usados y su posterior tratamiento para producción de combustible alternativo líquido. Esto servirá para elaborar la propuesta de mitigación, sobre la base de un benchmarking, ya que como Chile aún no cuenta con una especificación técnica normada para este combustible, es probable que las plantas de

tratamiento de aceites lubricantes usados tengan procesos y equipos que las plantas chilenas aún no poseen.

El entregable de este capítulo es el análisis del costo de implementación de la Ley REP en la Región del Biobío. Esto es, recolección y disposición final del aceite. En capítulos posteriores se contrastará el costo obtenido con las utilidades que entregan los modelos de negocios analizados.

### **3.3 COMBUSTIBLES Y COMBUSTIBLE ALTERNATIVO LÍQUIDO**

Posterior a la definición del potencial de recuperación de ALU, se debe definir cuál o cuáles serán los productos con los que se propondrán modelos de negocio para mitigar los sobrecostos de la Ley REP. Este análisis es fundamental, ya que dependiendo de las características del producto que se obtendrá de la Planta de Tratamiento, el modelo de negocio será distinto.

Se hará una revisión de las características físico químicas de una muestra de producto de la Planta Reprotect, ubicada en la ciudad de Chillán. Con esto se realizará un análisis comparativo con el Fuel Oil 6 y el Diesel, a modo de tener una referencia de la calidad del producto que actualmente se produce y comercializa en la región.

En forma paralela, se mostrará un estudio que realizó la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción. Este consiste en un ensayo con CAL a partir de ALU en una caldera de calefacción de 150 kW, donde se probaron quemadores para Fuel Oil 6 y Diesel. A su vez, se informa el análisis de combustión a partir de la composición elemental del combustible obtenida.

Por otro lado, se revisará la normativa legal vigente en temas de combustibles alternativos. Esto, para verificar barreras técnicas y ambientales que puedan obstaculizar la implementación de un modelo de negocio.

Finalmente, este capítulo mostrará los precios comerciales actuales del Fuel Oil 6 y del Diesel y presentará una proyección de éstos mediante el método utilizado por la Comisión Nacional de Energía para diferentes escenarios de precios del petróleo crudo.

### **3.4 MODELOS DE NEGOCIO**

En este capítulo se presentan los modelos de negocio para los productos que se pueden obtener de las Plantas de Tratamiento de ALU. Estos son combustibles alternativos con características similares al Fuel Oil 6 y al Diesel.

Se analizan los modelos de negocio propuestos para el mercado energético regional, tales como los Motores de Combustión Interna, Plantas Termoeléctricas a biomasa y carbón para las partidas, además del actual mercado de la industria Cementera en el que se opera con aceite lubricante usado sin mayor tratamiento.

### **3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

En este capítulo se desarrollan flujos de caja de los modelos propuestos en el capítulo anterior, analizando distintos escenarios a modo de sensibilizar variables que pueden afectar el negocio.

Por el lado del CAPEX es de suma importancia la cuantificación de la inversión inicial, es decir, identificar el monto que se necesitará para adquirir el o los camiones para la recolección de los ALU y posterior distribución del CAL y los montos requeridos para la compra de terreno, construcción de edificios y finalmente la Planta de Tratamiento de ALU.

Por otro lado, la definición del OPEX es relevante para poder evaluar la operación de la planta durante el periodo de evaluación del proyecto, que será equivalente a la vida útil de la Planta de Tratamiento de ALU.

Las variables a sensibilizar tienen que ver con el proceso de recolección del ALU, precio de venta del combustible alternativo líquido que produce la Planta de Tratamiento y los distintos niveles de producción de la misma.

### **3.6 CONCLUSIONES**

Se presentan las conclusiones respondiendo a los objetivos planteados en el Capítulo 2.

## 4 MERCADO B2C ACEITE DE MOTOR

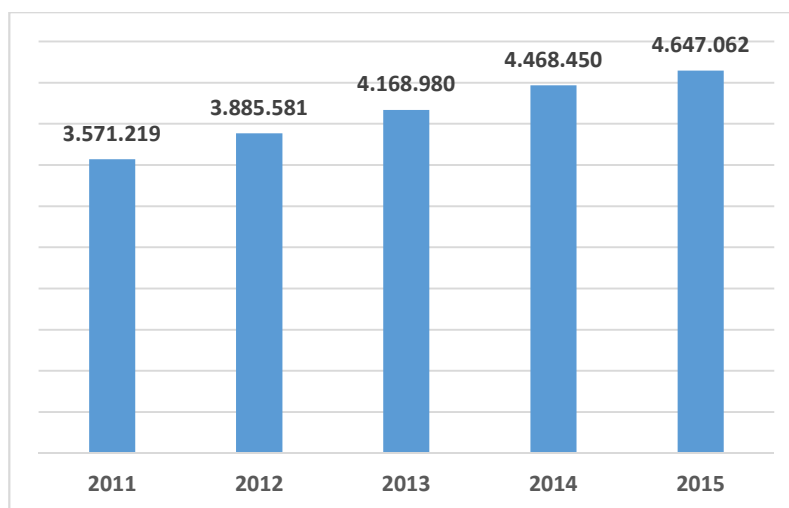
La función de los aceites utilizados en vehículos es la de lubricar, enfriar y limpiar algunas piezas presentes en ellos. Como consecuencia de su utilización, los aceites se degradan perdiendo las propiedades que los hacían cumplir su función, oxidándose y contaminándose con productos de combustión y con metales requiriendo su cambio por otros nuevos, generando así un residuo.

Las principales fuentes de generación de aceites usados son: los talleres de reparación de vehículos, estaciones de servicio, talleres de cambio de aceite rápido, desarmaduras de vehículos y empresas de transporte.

### 4.1 PARQUE AUTOMOTRIZ NACIONAL

Nuestro país posee un parque automotriz en constante crecimiento. La última información anual que se encuentra disponible corresponde al año 2015. A continuación se muestra el Gráfico 4.1, donde se observa la evolución que ha presentado el mercado automotriz nacional durante los últimos 5 años.

Gráfico 4.1: Evolución del parque automotriz nacional

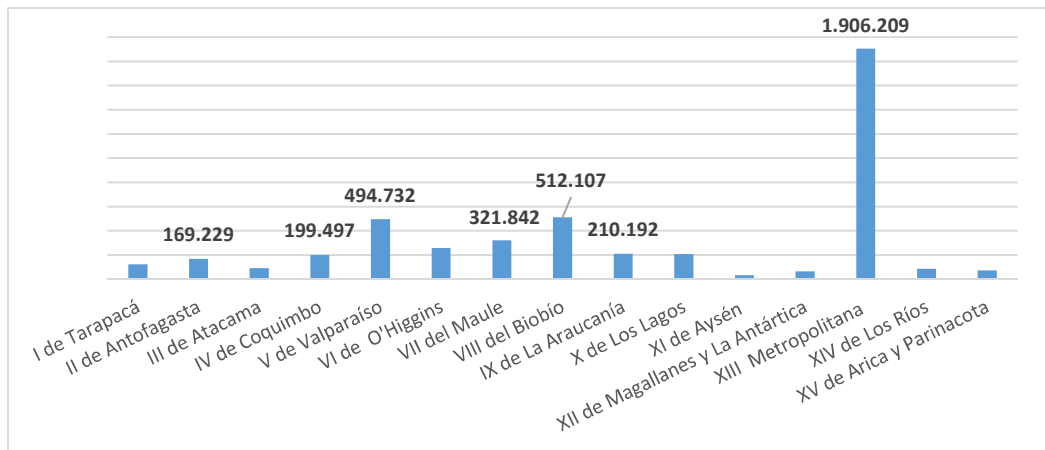


Fuente: Elaboración propia con datos del INE

Con esto, se muestra gráficamente el enorme crecimiento que ha sostenido el sector, lo que a su vez implica también un crecimiento del mercado de los aceites de motor.

El siguiente gráfico, muestra el desglose por región de la cantidad de vehículos motorizados a fines del año 2015.

Gráfico 4.2: Parque automotriz por región año 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del INE

Del análisis del gráfico anterior, se verifica que la Región del Biobío es la segunda en cantidad de vehículos motorizados, con más de 510.000 unidades en circulación. De aquí se demuestra la importancia de investigar el mercado de aceites lubricantes usados de motor en esta región.

#### 4.2 MERCADO LUBRICANTES DE MOTOR EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO

El mercado de lubricantes de motor en la Región del Biobío se define por las características demográficas que posee. Para efectos de este estudio interesa conocer dónde se concentran los consumidores de aceite de motor. A modo de simplificación se considerará que la densidad del mercado se concentra en las capitales provinciales. Éstas son las ciudades de Concepción, capital de la Provincia de Concepción; Chillán,

capital de la Provincia de Ñuble, Los Ángeles, capital de la Provincia del Biobío y Lebu, capital de la Provincia de Arauco.

El INE entrega un informe anual sobre el parque automotriz nacional, donde es posible desglosar la información de los permisos de circulación por municipalidad. Así, la información del volumen de aceite de motor consumido proyectado para la Región del Biobío se muestra a continuación:

Tabla 4.1: Proyección del parque automotriz y potencial de recuperación de aceites de motor Región del Biobío

<b>Año</b>	<b>Parque</b>	<b>Concepción</b>	<b>Ñuble</b>	<b>Biobío</b>	<b>Arauco</b>	<b>Potencial</b>
<b>2017</b>	<b>576.165</b>	<b>4.790.176</b>	<b>2.596.268</b>	<b>2.153.694</b>	<b>826.499</b>	<b>7.256.647</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del INE

El potencial de recuperación que se muestra en la tabla anterior, considera un factor de pérdida del 30%. Así, la VIII Región posee un potencial de 7.700 m<sup>3</sup> proyectados para el año 2017.

## 5 LEY 20.920

El objetivo de la promulgación de la Ley 20.920 es regular la gestión de los residuos provocados por productos prioritarios definidos en la misma. La responsabilidad de estos residuos se asocia al productor, quienes deberán organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de los productos que introducen al mercado nacional.

Los productos que la ley regulará son los siguientes:

- a) Aceites lubricantes.
- b) Aparatos eléctricos y electrónicos.
- c) Baterías.
- d) Envases y embalajes.
- e) Neumáticos.
- f) Pilas.

No es casualidad que se haya definido como el primer producto a los aceites lubricantes. Debemos considerar que 1 L de lubricante contamina 1.000 L de agua pura, que actualmente está definido como un bien escaso.

Los demás productos regulados fueron también seleccionados debido al volumen significativo de su circulación en el mercado, calificación de residuo peligroso y factibilidad de valorización (energética).

Todo residuo potencialmente valorizable deberá ser destinado a tal fin evitando su eliminación.

La ley operará mediante la regulación por parte del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), quien establecerá las metas de recolección y valorización. Los productores deberán registrarse ante el MMA y presentar planes de gestión para cumplir con las obligaciones a través de un sistema de gestión, que puede tener carácter individual o colectivo. La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) tendrá el rol de fiscalizar los

planes presentados por los productores, que previamente serán revisados y autorizados por el MMA.

## **5.1 ACTORES QUE ESTABLECE LA LEY Y SUS OBLIGACIONES**

### **5.1.1 Productor de producto prioritario (PPP)**

Es el fabricante e importador que posiciona un producto prioritario en el mercado nacional por primera vez. Esto puede ser bajo marca propia adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor o bien importando un producto para su propio uso.

Sus principales obligaciones son:

- a) Registrarse en catastro público de PPP.
- b) Organizar y financiar la recolección y tratamiento de residuos de PP a través de un sistema de gestión.
- c) Asegurar que el tratamiento de residuos de PP recolectados se realice por gestores autorizados.
- d) Cumplir las metas de recolección y de valorización de residuos.

### **5.1.2 Consumidor de producto prioritario (PP)**

El consumidor debe separar y entregar el residuo de un PP a un gestor de PP contratado por un sistema de gestión.

Los consumidores industriales pueden valorizar los residuos por su propia cuenta o a través de gestores autorizados.

### **5.1.3 Gestor de residuo de producto prioritario**

El gestor debe estar autorizado para el manejo de residuos y registrarse en el MMA. Además, declarar al menos lo siguiente a través del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC):

- a) Tipo
- b) Cantidad
- c) Costos

- d) Origen
- e) Tratamiento
- f) Destino

Dentro de los gestores, se reconocen de manera especial a los Recicladores de base (personas naturales), quienes tienen la obligación de registrarse en un plazo de 5 años desde que entre en vigencia la ley. Además, deben certificarse en el marco del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales.

También juegan un rol fundamental las municipalidades, quienes podrán celebrar convenios con sistemas de gestión y con recicladores de base, aportando en la definición de ordenanzas municipales la obligación de separar los residuos en origen.

#### **5.1.4 Distribuidor y comercializador**

Dependiendo de la superficie con que cuenten sus instalaciones, deberán convenir con un sistema de gestión el establecimiento y operación de una instalación de recepción y almacenamiento de residuos de productos prioritarios (RPP).

Deberán aceptar sin costo la entrega de los RPP que comercialice de parte de los consumidores

#### **5.1.5 Sistemas de gestión**

Integrado exclusivamente por los productores y deben ser autorizados por el MMA. Son el nexo entre el productor y la gestión de residuos.

Cada productor puede cumplir sus obligaciones a través de:

- a) Sistema individual de gestión
- b) Sistema colectivo de gestión: sin fines de lucro

Actualmente las empresas productoras y distribuidoras de aceites lubricantes se encuentran en la etapa de definición de qué sistema utilizar, es decir, si se asocian o bien actúan de manera individual.

ENEX, Petrobras, Total e YPF tienen el compromiso de realizar el estudio en conjunto, mientras que MOBIL posee un sistema de gestión individual

Deben preocuparse de asegurar el cumplimiento de metas y mantener continuidad en la gestión de residuos en caso de que el sistema falle. Además, celebran convenios con los gestores registrados mediante licitaciones abiertas. La licitación puede adjudicar la recolección y el tratamiento del residuo en conjunto o por separado.

Finalmente, informa al MMA sobre los cumplimientos.

## **5.2 METAS DE RECOLECCIÓN Y VALORIZACIÓN**

Se definirán por Decreto Supremo, mediante un procedimiento análogo al de la elaboración de normas ambientales, donde se realizarán:

- a) Análisis de impacto económico y social.
- b) Consulta a organismos públicos y privados.
- c) Consulta pública.

Cabe resaltar que a la fecha, los reglamentos están siendo redactados y poseen fecha límite para entregarse en junio 2017.

Las metas serán revisadas cada 5 años.

## **5.3 MECANISMOS DE APOYO**

El MMA contará con un fondo para financiar proyectos, programas y acciones para prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valoración. Serán ejecutados por las municipalidades o asociaciones de éstas.

El fondo estará integrado por recursos del Estado, de cooperación internacional, donaciones, etc.

Un reglamento establecerá los requisitos para su respectiva asignación.

Cabe destacar que al término de esta tesina aún no se tiene una definición de las metas de recolección y valorización.

#### **5.4 ESCENARIO SIN PROPUESTA**

El escenario sin propuesta corresponde al estado actual de recuperación de aceites lubricantes usados, donde las empresas productoras y comercializadoras no están pagando por el retiro ni por disposición final.

En la octava región, existen al menos 3 empresas que se dedican a retirar aceites lubricantes usados, sin cobrar por este servicio, entregando el certificado de disposición final a los lubricentros y talleres donde se hacen cambios de aceite.

#### **5.5 ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA**

El 27 de abril del presente año, el consorcio de empresas integrado por ENEX, YPF, Total, y Esmax, firmó junto a las autoridades un Acuerdo de Producción Limpia (APL) para el manejo ambientalmente racional de los ALU.

El objetivo, es iniciar la operación de un sistema de gestión colectivo que recolecte 5.600 toneladas de aceites lubricantes usados.

## **6 PLANTA DE TRATAMIENTO ACEITES LUBRICANTES USADOS**

En este capítulo se describirán las tecnologías existentes en Chile y en el mundo para la recuperación de aceites lubricantes usados.

Para la realización de este trabajo, se contactaron distintos especialistas del área de lubricantes en Chile y se realizaron dos visitas a una planta de tratamiento de aceites lubricantes usados en la ciudad de Chillán, ubicada a 110 km al noreste de Concepción, capital de la Región del Biobío.

Durante la visita a la planta, se pudo comprobar que en ésta sólo se realiza un tratamiento mecánico, partiendo por una etapa de filtrado a través de mallas metálicas, poliéster y celulosa de 25, 10 y 6 micras respectivamente con el objetivo de eliminar las cenizas. Por último, el proceso termina en una etapa que involucra reactores que mediante la adición de aditivos químicos capturan el azufre el que posteriormente es eliminado por decantación. El producto final de este proceso es un combustible alternativo que se utiliza actualmente en la industria cementera y tiene características similares al Fuel Oil 5 y 6.

En el mundo, las plantas de tratamiento de aceites lubricantes usados incorporan mayor tecnología. Una de éstas, son las plantas de pirólisis donde el producto final es un combustible alternativo de características similares al Diesel.

### **6.1 DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO**

A continuación se muestra un esquema del proceso que se realiza en una planta de pirólisis que produce Diesel Like Fuel (DLF):

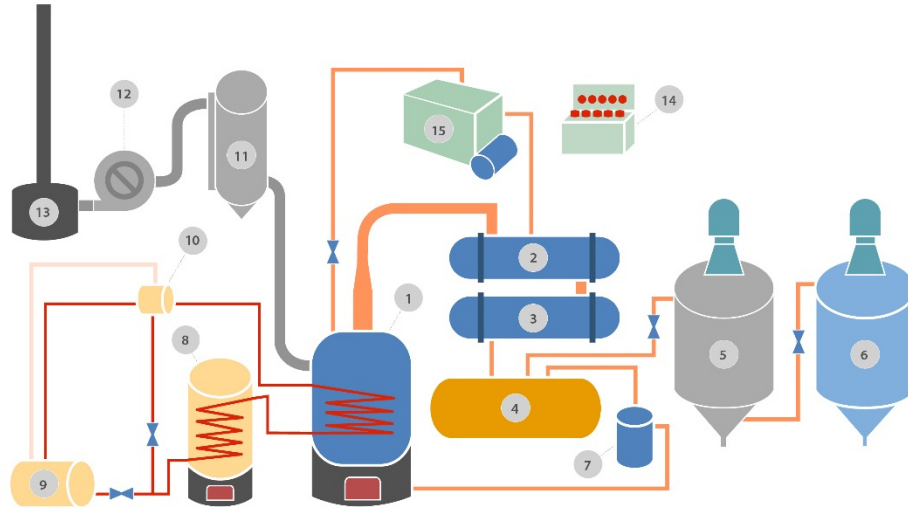


Figura 6.1: Esquema Planta Tratamiento ALU

### Componentes:

- 1 : Reactor de destilación
- 2, 3 : Condensadores
- 4 : Estanque de almacenamiento de aceite
- 5, 6 : Reactores catalíticos
- 7 : Dispositivo de sello de agua
- 8 : Caldera de aceite térmico
- 9 : Estanque de almacenamiento de aceite térmico
- 10 : Absorbedor de dilatación de aceite térmico
- 11 : Sistema de limpieza de polvo
- 12 : Ventilador de tiro forzado
- 13 : Chimenea
- 14 : Panel de control
- 15 : Sistema generador de vacío

El proceso simplificado se explica en las siguientes etapas:

1. Bombeo del aceite lubricante usado hacia el reactor de destilación
2. Sistema de calentamiento de aceite térmico, eleva la temperatura del aceite lubricante usado sobre 170 °C.
3. Gasificación del aceite lubricante usado (destilación) y posterior condensación en Diesel Like Fuel.
4. Remoción de olores mediante catalizadores.

5. Clarificación del Diesel Like Fuel para obtención de producto final.

## **6.2 REQUERIMIENTOS OPERACIONALES**

De acuerdo a especificación técnica entregada por los fabricantes para una capacidad de tratamiento de 5 ton/día de ALU, se requiere lo siguiente:

Operadores	:	1
Potencia	:	25 kW
Combustible	:	5% del DFL producido

## **6.3 PRODUCCIÓN**

Este tipo de plantas es capaz de producir los siguientes productos:

DFL	:	85%
Asfalto	:	10%
Residuos	:	5%

Estos parámetros serán utilizados en el desarrollo del flujo de caja. Como producto principal a comercializar se encuentra el DLF, mientras que el Asfalto será el subproducto que también tiene valor comercial en el mercado regional. A su vez, los residuos generados deberán ser gestionados para una disposición final, la cual tendrá un costo asociado.

## **6.4 APLICACIONES DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA**

Son múltiples las aplicaciones recomendadas, que varían desde el uso en calderas, generadores a Diesel, maquinaria agrícola hasta el transporte vehicular.

## 7 COMBUSTIBLES Y DIESEL LIKE FUEL

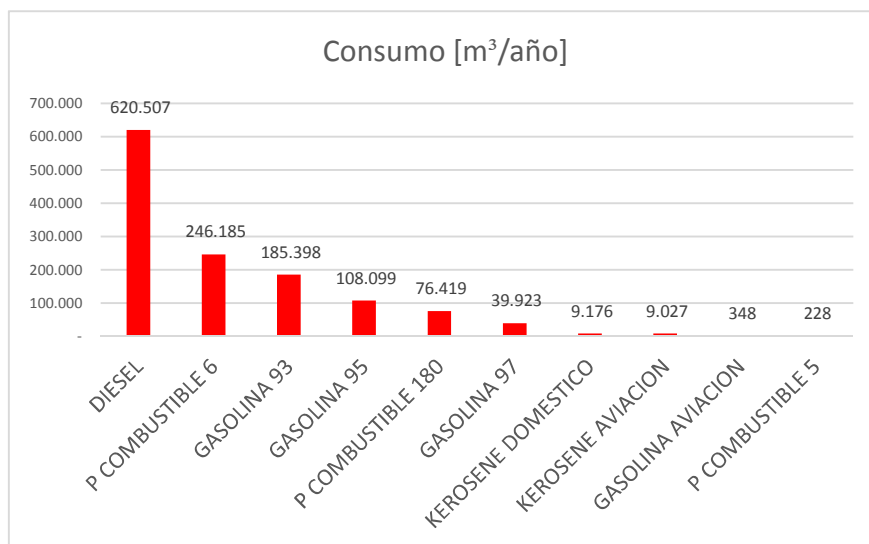
Las bajas reservas de combustibles fósiles que posee el país, hace que seamos un comprador de hidrocarburos. Chile importa el 98% de los hidrocarburos que consume, mayormente de países latinoamericanos, mientras que los productos refinados los importa desde los EEUU.

De aquí, la importancia de encontrar una alternativa viable técnica y económicamente para aumentar la disponibilidad de recursos de combustible para sostener la matriz energética nacional.

### 7.1 MERCADO DE COMBUSTIBLES REGIÓN DEL BIOBÍO

A continuación se muestra el Gráfico N°7.1, donde se resumen los consumos de combustibles líquidos para la Región del Biobío informados por la Superintendencia de Electricidad y Combustible en su último informe.

Gráfico 7.1: Consumo de combustible Región del Biobío año 2015



Fuente: Elaboración propia con datos de la SEC

Del análisis del gráfico anterior, es posible verificar que la octava región es intensiva en consumo de Diesel, lo que hace atractivo encontrar un producto sustituto que pueda absorber parte de ese mercado, sobre todo

si es competitivo en precio y de características similares. Por otro lado, se observa que el combustible que le sigue en demanda es el Petróleo 6, que también puede ser sustituido por el DLF, pero tiene menor valor comercial.

## 7.2 COMPARACIÓN DLF VERSUS DIESEL

La tabla 7.1 muestra un análisis comparativo entre el Diesel y el DLF, la que fue obtenida del estudio de Arpa et al 2010a.

Tabla 7.1: Comparación de propiedades entre Diesel y DLF

Properties	Diesel fuel	DLF
Density at 15°C (kg/m <sup>3</sup> )	820-845	818
Viscosity at 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	2-4.5	3.49
Flash point (°C)	>55	57
Sulfur (ppm)	50	3500
Water (mg/kg)	<200	130
Lower heating value (kj /kg)	42.700	42.500
Temperature at 250°C, max. volume (%v/v)	65	20
Temperature at 250°C, min. volume (%v/v)	85	90
Volume at 95%, max. temperature (°C)	360	360

Fuente: Journal Waste oils as alternative fuel for diesel engine: A review

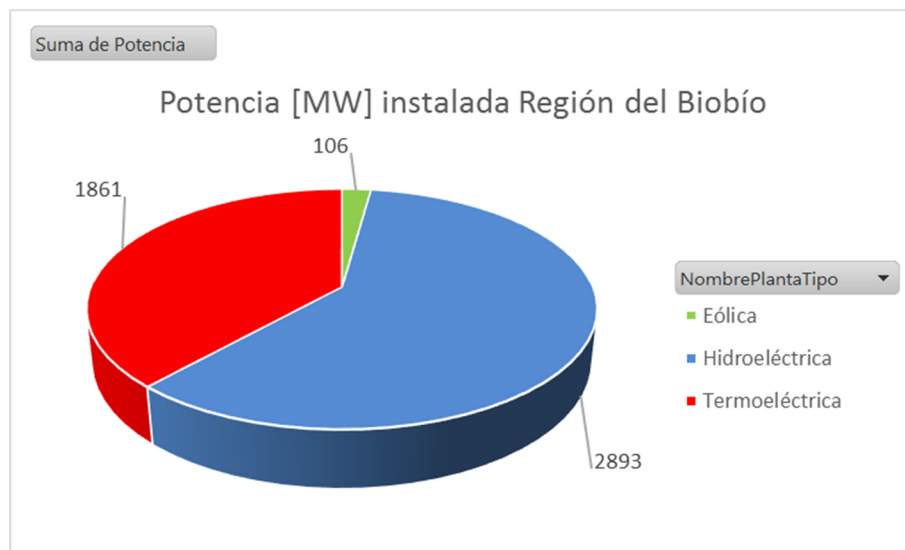
Se observa que las propiedades de densidad, viscosidad, punto de inflamación y poder calorífico inferior para el DLF se encuentran en el rango del Diesel, mientras que el contenido de azufre es considerablemente mayor para el DLF.

## 8 MODELOS DE NEGOCIO

En este capítulo se evaluarán potenciales modelos de negocio que buscan cumplir con el objetivo de mitigar el sobre costo provocado por la obligatoriedad de la recolección y disposición final de los aceites lubricantes usados.

La Región del Biobío se caracteriza por tener una matriz energética basada en la hidroelectricidad y la termoelectricidad. Durante los últimos años también se han instalado proyectos de generación eólica, pero que no son dominantes. A continuación se muestra el Gráfico 8.1, donde se verifica la potencia instalada por tecnología:

Gráfico 8.1: Potencia por tecnología instalada



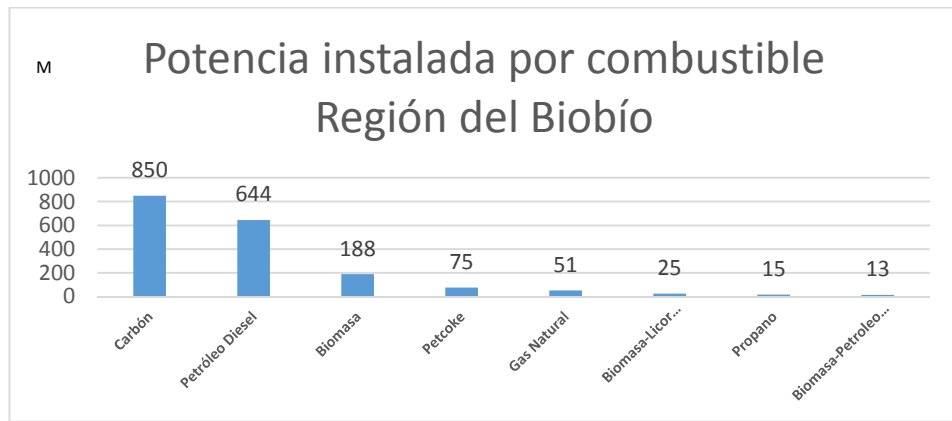
Fuente: Elaboración propia con datos del Coordinador Eléctrico Nacional, Junio 2017

Del análisis gráfico anterior, se observa que la matriz energética de la región se basa en un 60% en hidroelectricidad con 2893 MW, mientras que la termoelectricidad equivale a un 38% con 1861 MW e inversiones recientes en centrales eólicas que poseen el 2% con 106 MW.

Luego, para validar un modelo de negocios competitivo en precio, se hace relevante conocer qué tipo de combustibles están consumiendo las centrales termoeléctricas en la región. Esto es: Diesel, Fuel Oil 6, Biomasa, Gas Natural, etc.

Realizando un desglose de los combustibles utilizados en las termoeléctricas existentes, se muestra el Gráfico 8.2:

Gráfico 8.2: Potencia instalada por combustible



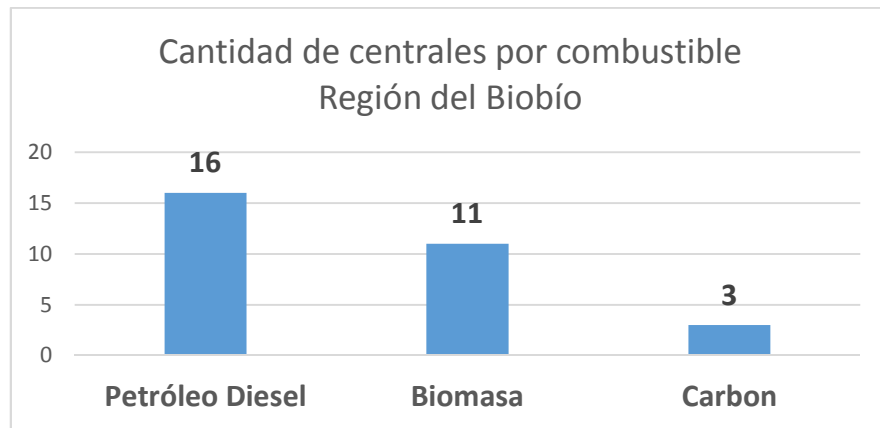
Fuente: Elaboración propia con datos del Coordinador Eléctrico Nacional, Junio 2017

Del análisis del gráfico anterior, se verifica que los combustibles que más participan en la matriz energética son el carbón con 850 MW equivalente al 46%, el petróleo Diesel con 644 MW asociado a un 35% y la biomasa con 188 MW instalados que asciende al 10,1%.

Tomando en cuenta sólo las centrales que utilizan estos combustibles, se hace necesario conocer cuántas son las centrales que utilizan estos combustibles y con qué tecnología generan energía eléctrica: vapor carbón, vapor biomasa, ciclo combinado, motor a combustión interna. Así, se podrá tener claro cuál es el posible mercado asociado a la generación de energía, identificando las centrales y sus capacidades de generación para comenzar a evaluar los modelos de negocio para cada una de ellas.

A continuación se muestra el Gráfico 8.3, donde identifica la cantidad de centrales que utilizan los combustibles mencionados anteriormente:

Gráfico 8.3: Cantidad de centrales por combustible



Fuente: Elaboración propia con datos del Coordinador Eléctrico Nacional, Junio 2017

Del análisis del gráfico anterior, se observa que a pesar de que la mayor potencia instalada esté concentrada en el carbón, son sólo 3 centrales que operan con este combustible:

- Central Bocamina I y II de ENEL (ex ENDESA) con 480 MW.
- Central Santa María de Colbún con 370 MW.

Por otra parte, el petróleo Diesel es utilizado por 16 generadoras, dentro de las cuales destacan:

- Central Térmica Yungay (ex Campanario) con 200 MW.
- Central Térmica Los Pinos de Colbún con 105 MW.

Cabe resaltar que ambas centrales son Turbinas a Gas que tuvieron que ser convertidas a petróleo Diesel luego del corte de gas argentino.

Es importante mencionar que también existen centrales a petróleo Diesel de capacidad del orden de los 2 MW, que son motores de combustión interna de respaldo.

Finalmente las centrales a biomasa son 11, entre 100% biomasa y mezcla con licor negro. Destacan:

- Central Santa Fe con 67 MW.

- Central Nueva Aldea III con 37 MW.

## **8.1 MODELOS DE NEGOCIO POR TECNOLOGÍA**

Conociendo los datos anteriores, es posible establecer propuestas para cada actor del mercado definido anteriormente.

Se analizarán modelos de negocio distintos para: Centrales de Vapor Carbón, Turbinas a Gas y Centrales de Vapor Biomasa.

### **8.1.1 Centrales Vapor Carbón**

Una central termoeléctrica de referencia de 150 MW de potencia instalada que utiliza carbón para su operación en régimen permanente, hace uso de aproximadamente 50 m<sup>3</sup> de Diesel para sus partidas y detenciones. Un ejemplo de central de este tipo es la Central Térmica Bocamina de la comuna de Coronel en la región del Biobío, que inyecta su generación al Sistema Interconectado Central.

Se quema este combustible por su fácil dosificación para romper la inercia térmica de la caldera y así proteger los materiales que la componen.

Para una campaña de operación anual, una central de este tipo detiene su operación alrededor de 5 veces, por lo que la inversión asociada a la implementación del combustible alternativo líquido será un estanque de almacenamiento de máximo 250 m<sup>3</sup> considerando reposición.

Teniendo en cuenta lo anterior, se vuelve interesante evaluar la factibilidad de proponer este modelo de negocio, considerando el potencial de recuperación de 7000 m<sup>3</sup> de aceite lubricante usado de motor.

### **8.1.2 Centrales a Biomasa**

Se utiliza el mismo modelo de negocio propuesto para la tecnología vapor carbón. Así, se debe evaluar la inversión en estanques de almacenamiento y piping de precalentamiento para facilitar la combustión en vez de utilizar Diesel.

### **8.1.3 Turbinas a Gas Ciclo Abierto**

Este tipo de tecnología se descarta por el bajo nivel de despacho cuando operan con Diesel. Esto, debido a sus altos costos variables de operación producto del valor del combustible.

### **8.1.4 Motores de Combustión Interna**

Mismo análisis que para el caso anterior. Despacho del orden de los 150 MWh durante el año 2016 de acuerdo a información recopilada desde el CDEC SIC.

### **8.1.5 Industria Cementera**

Las plantas de tratamiento de ALU existentes en Chile comercializan su producto actualmente en la industria cementera en los hornos rotatorios de producción de Clinker.

Se descarta este modelo, debido a que el combustible actualmente utilizado corresponde a uno de características más cercanas al Fuel Oil 5 y 6, producto de menor calidad que el DLF y por lo tanto de menor precio.

### **8.1.6 Industria Forestal**

La industria forestal utiliza actualmente un aceite lubricante usado con un tratamiento mínimo para las cadenas de motosierra que opera a pérdida, es decir, lubrica y se deja caer a piso.

Esta no es una propuesta de valorización energética, pero actualmente el producto comercializado para este sector se vende a un precio por litro superior al Diesel, con costos de producción menores.

Las restricciones ambientales eliminarán este negocio, ya que se exigirá un aceite biodegradable para la operación a pérdida.

## **9 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Se realizará la evaluación económica del proyecto en un horizonte de 10 años. Para esto se desarrollará una proyección del flujo de caja, donde se estimarán las inversiones y los costos fijos y variables de administración y operación de la Planta de Tratamiento de Aceite Lubricante Usado (ALU), poniendo énfasis en la determinación del costo variable de recolección de los ALU de motor desde los centros de generación hasta la misma planta.

Por otro lado, los ingresos vendrán dados por las ventas del producto principal de la Planta de Tratamiento de ALU, es decir, el Combustible Alternativo Líquido (CAL) de características similares al Diesel utilizado en las partidas de las Termoeléctricas, en adelante denominado DLF. Además, la planta produce Asfalto como subproducto, comercializado principalmente para pavimentación de caminos y carreteras. Así, los volúmenes de producción serán calculados en función del potencial de recuperación diario y las características de producción de la planta, además de la determinación del sistema de turnos, jornadas laborales y la demanda de DLF definida en el mercado de negocios propuesto.

Se supondrá que toda la producción del DLF es finalmente vendida, dando prioridad al mercado de las Termoeléctricas para después encontrar nuevos mercados si es que hay exceso de producto.

### **9.1 FINANCIAMIENTO**

Para efectos de simplificar el análisis, el financiamiento del proyecto se considerará 100% con capitales propios (equity), es decir, proyecto puro.

### **9.2 FLUJO DE CAJA**

El desarrollo del flujo de caja consiste en definir la inversión, ingresos y costos para definir los flujos de capital y operacional proyectados a lo largo del periodo de evaluación del proyecto. Así, será posible calcular los indicadores VAN y TIR que darán señales de la rentabilidad del proyecto.

### 9.2.1 Inversión inicial

Los principales componentes de la inversión del proyecto son la Planta de Tratamiento de ALU y los camiones recolectores de ALU.

Existe una tecnología desarrollada por la empresa China DOING Mechanical Equipment Co que ofrecen Plantas de pirólisis que procesan el aceite de motor usado y lo transforman en DLF. La oferta de esta empresa consiste en plantas de 5 ton/día de tratamiento de ALU.

Para la inversión de la planta, se consideraron los costos de traslado a Chile, montaje civil, eléctrico y puesta en marcha asumiendo el 100% del valor de la planta.

Por el lado de los camiones, se consideraron precios de mercado con estanques certificado SEC para transportar 38 m<sup>3</sup> de combustible.

A continuación se muestran las inversiones para cada capacidad de procesamiento:

Tabla 9.1: Inversiones

INVERSIÓN PLANTA TRATAMIENTO ALU				CAMIONES 38 m <sup>3</sup>	
Producción [ton/día]	Costo [MUSD]	Montaje [MUSD]	Inversión [MUSD]	Cantidad	Costo [MUSD]
5	56	56	112	1	80
10	76	76	152	2	160
15	132	125,4	257,4	3	240
20	152	136,8	288,8	4	320

Fuente: Elaboración propia

### 9.2.2 Cálculo de ingresos por ventas de DLF

La principal fuente de ingresos es la venta de CAL. Así, las variables que definen este ingreso son la producción anual y el precio de venta del DLF.

### 9.2.2.1 Producción anual de DLF

Asociada al factor de producción de DLF de la Planta, equivalente al 85%, es decir, el 85% de los ALU son transformados a CAL con características similares al Diesel de acuerdo a información entregada por el fabricante. Se considera además que para la operación de la Planta, ésta consumirá un 5% de su producción de CAL para ser usado en el proceso de destilación en la caldera de fluido térmico y tendrá un factor de planta del 90%.

Tabla 9.2: Producción DLF para planta 5 ton/día

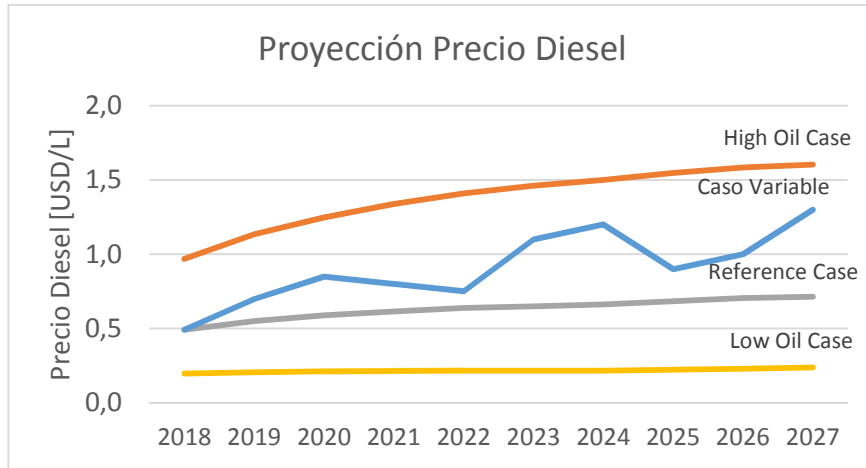
Planta 5 ton/día	
DLF	715.996 [L]

Fuente: Elaboración propia

### 9.2.2.2 Precio de venta de DLF

Es definido por el mercado de combustibles Diesel. Se fijará un precio equivalente al del Diesel disminuido en un porcentaje que será objeto de análisis de sensibilidad. En el mercado industrial, el precio de los combustibles líquidos derivados del petróleo es factor determinante en la elección del proveedor. El precio competitivo del DLF, debido a que se indexa a un porcentaje menor al Diesel, hará atractiva su penetración en el mercado. A continuación se muestra la proyección de precios del Diesel puesto en la ciudad de Coronel de acuerdo a la metodología descrita en el Anexo A3:

Gráfico 9.1: Precios proyectados para el Diesel en Coronel



Fuente: Elaboración propia con datos de la EIA-Annual Energy Outlook 2017

### 9.2.3 Cálculo de ingresos por ventas de Asfalto

Como subproducto de la Planta de Tratamiento de ALU se obtiene el Asfalto. Este es un mineral negro producido en el proceso de destilación del Diesel, que mezclado con cal, arena o gravilla se utiliza para pavimentar caminos y carreteras. Por lo tanto, también es posible comercializarlo en el mercado regional. El precio de venta se define de acuerdo a cotizaciones recibidas y oscila entre 40 y 50 pesos el kilogramo en el mercado regional.

La Planta produce el 10% del ALU tratado en Asfalto de acuerdo a parámetros indicados por el fabricante.

Tabla 9.3: Producción Asfalto para planta 5 ton/día

Planta 5 ton/día	
Asfalto	78.214 [kg]

Fuente: Elaboración propia

### 9.2.4 Cálculo de costos variables

Los costos variables que componen la evaluación económica son los que se describen en los sub capítulos siguientes.

### 9.2.4.1 Costo variable de recolección de ALU

El costo variable de recolección de ALU se compone de acuerdo a los costos que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 9.4: Costos que determinan el costo variable de recolección de ALU

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Costo Combustible	: Definido por el precio del combustible Diesel que consumen los camiones recolectores, el rendimiento del camión y la distancia promedio que recorrida para retornar a Planta con carga completa (38 m <sup>3</sup> ).
Costo ALU	: Corresponde al precio que se paga por retirar el ALU desde un punto de recolección definido por los gestores REP (municipalidades, asociaciones, etc).
Costo peaje	: Asociado a los peajes de las rutas concesionadas existentes en la región.
Costo chofer	: Considera el viático y pensión en caso de tener que pernoctar fuera de la zona.
Costo disposición filtro	: Corresponde al precio por destino final de los filtros de aceite que se retiran desde los lubricentros. Actualmente equivale a 2,9 UF/ton.
Costo tambor	: Idem al anterior.

Fuente: Elaboración propia.

### 9.2.4.2 Costo variable por retiro de desechos de la Planta

De acuerdo a características de la Planta definidas anteriormente, se considera un 5% de producción de desechos, que deben retirarse y disponer en un destino final. Empresas como HIDRONOR, se dedican a nivel nacional al retiro de residuos peligrosos. Se considerará una cotización formal para evaluar el costo de retiro.

Tabla 9.5: Costo anual retiro residuos

Planta 5 ton/día	
Residuos	39.107 [kg]
Costo retiro	1185 [USD]

Fuente: Elaboración propia

### 9.2.4.3 Costo variable por consumo de energía

De acuerdo a la potencia de consumo eléctrico requerido para la operación de la Planta, se considera una tarifa industrial AT 4.3, que incluye costos fijos, por energía consumida y por potencia contratada. La potencia contratada depende de la cantidad de plantas produciendo. Para una planta de 5 ton/día se tiene un consumo estable de 50 kW de potencia por el bombeo del ALU y del DLF.

### 9.2.5 Costos fijos

Los costos fijos para la administración y operación se cuantifican en función de la capacidad de producción de la Planta adquirida. Éstos se muestran en Anexo A1 y varían principalmente por la dotación de operadores de Planta, choferes de camión que recolectan el ALU y lo descargan en la Planta. También considera los costos asociados a la contratación de un seguro y costos de mantención en función de las inversiones realizadas, además del arriendo de un terreno industrial cotizado en la ciudad de Concepción.

### 9.2.6 Depreciación de activos

Se utilizará la opción de depreciar linealmente los activos fijos que requiere el proyecto. La siguiente tabla muestra la vida útil que define el Servicio de Impuestos Internos (SII):

Tabla 9.6: Vida útil de activos fijos

	<b>ACTIVOS</b>	<b>VIDA ÚTIL [años]</b>
<b>A9</b>	Camiones de uso general	7
<b>E2.3</b>	Planta de Tratamiento de Hidrocarburos	10

Fuente: Elaboración propia con datos del SII

## 10 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizará un análisis de sensibilidad de las principales variables que determinan el flujo de caja y por consecuencia los indicadores económicos de VAN y TIR. Estas son, la capacidad de tratamiento de la planta, el precio de venta del CAL y el pago por retiro por litro de ALU.

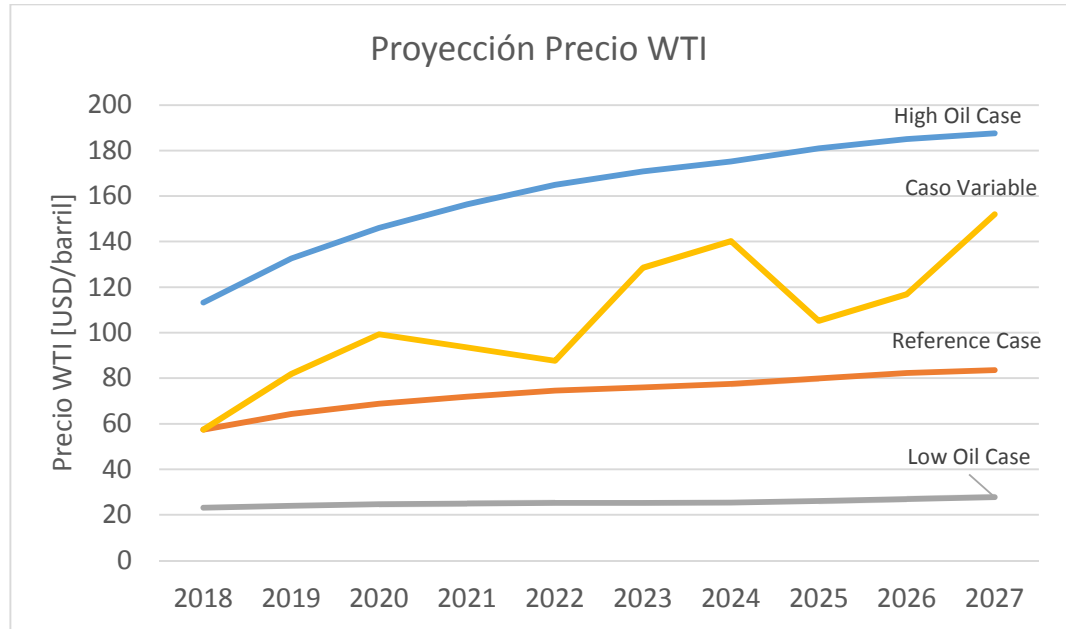
Junto con esto, se evaluarán 3 escenarios considerando las proyecciones de precio del WTI que entrega la U.S. Energy Information Administration (EIA) en su informe Annual Energy Outlook (AEO). Este reporte anual presenta proyecciones hasta el año 2050 para el petróleo crudo (WTI y Brent), gas natural (Henry Hub) y carbón entre otros combustibles. A continuación se describen los tres escenarios escogidos:

- a) **Low Oil Case:** baja demanda mundial de productos derivados del petróleo, menor inversión por parte de los países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) y mayor exploración por parte de los países no OPEP.
- b) **Reference Case:** asume una mejora de las tendencias en las tecnologías conocidas, es decir, menor uso de petróleo por actividad.
- c) **High Oil Case:** lo contrario al caso del bajo precio del crudo

Además, se considerará un caso intermedio entre el Reference y el High Oil Price, denominado Caso Variable. Esto, debido a que los precios históricos nunca han tenido un comportamiento constante al alza o a la baja, por lo que se definió un escenario variable.

A continuación se muestra el Gráfico 10.1, donde se observan las proyecciones para los casos anteriormente definidos:

Gráfico 10.1: Proyecciones de precio WTI



Fuente: Elaboración propia con datos del EIA-AEO 2017

La metodología de cálculo de llevar las proyecciones anteriores a un precio del Diesel puesto en la ciudad de Coronel se puede revisar en Anexo A1. Se fija esta localidad, debido a que en ella se concentra el mercado del modelo de negocios propuesto.

Cabe resaltar que esta proyección es sólo una aproximación, ya que la realidad tiene una diferencia porque los precios en Chile son un promedio de las últimas 3 semanas y están afectas a los mecanismos de estabilización como el MEPCO.

En los casos que siguen a continuación se muestran las sensibilizaciones de variables para los escenarios de precio del WTI anteriormente analizados.

## 10.1 ANÁLISIS DE CASO BASE

Se define como caso base la evaluación del proyecto de una planta de 15 ton/día considerando un precio de retiro de ALU de 40 pesos por litro y castigando 30% el precio de venta de DLF con respecto al Diesel.

### 10.1.1 Resultados indicadores VAN y TIR del Caso Base

Los resultados se muestran en la Tabla 10.1:

Tabla N°10.1: Resumen resultados Caso Base

REFERENCE	VAN [MUSD]	-1197
	TIR	-16%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	2650
	TIR	64%
VARIABLE	VAN [MUSD]	56,2
	TIR	16%

Fuente: Elaboración propia

Para el caso Reference, el proyecto no es viable. Se recomienda analizar para una proyección mayor.

Para el caso High Oil, el proyecto es rentable con gran influencia del precio proyectado del Diesel.

El caso Variable es el que más se acomoda a la proyección de precios que conocemos del pasado reciente. Se verifica una rentabilidad positiva y una TIR mayor a la tasa de descuento exigida por el inversionista.

### 10.1.2 Análisis de costos del Caso Base

El desglose de costos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N°10.2: Desglose de costos para caso base

<b>DESGLOSE DE COSTOS</b>		<b>MUSD/año</b>	<b>%</b>
<b>Costo variable ALU</b>	Costo combustible	28,36	2,6%
	Costo ALU	388,57	35,8%
	Costo peaje	38,35	3,5%
	Costo chofer	44,74	4,1%
	Costo filtro	118,1	10,9%
	Costo tambor	27,61	2,5%
<b>Costo variable retiro desechos</b>	Costo retiro desechos	10,67	1,0%
<b>Costo variable energía eléctrica</b>	Costo variable energía eléctrica	19,57	1,8%
<b>Costos fijos</b>	Sueldos	305,72	28,2%
	Seguro (1% Inv Pta y Camion)	4,97	0,5%
	Mtto (2% Pta y Camion)	9,95	0,9%
	Arriendo	88,75	8,2%
<b>COSTOS TOTALES</b>		<b>1085,34</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que el pago por el ALU es el que más incide en la estructura de costos. Luego son los sueldos y posteriormente el pago por la disposición final de los filtros de aceite que se retiran en conjunto con el ALU.

## 10.2 SENSIBILIZACIÓN PLANTA 5 TON/DÍA

Se realiza un análisis de sensibilidad para los escenarios de precios considerando la producción de una Planta de Tratamiento de ALU de 5 ton/día. Los resultados se muestran en la tabla que sigue a continuación:

Tabla N°10.3: Resumen resultados Planta 5 ton/día

LOW OIL	VAN [MUSD]	-1150
	TIR	-
REFERENCE	VAN [MUSD]	-329
	TIR	-7%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	1135
	TIR	72%
VARIABLE	VAN [MUSD]	148
	TIR	22%

Fuente: Elaboración propia

Para este caso no se logra cubrir completamente la demanda de 1600 m<sup>3</sup> de Diesel para el modelo de negocios. La producción de CAL equivale a 716 m<sup>3</sup> anuales.

Se aprecia que los casos High Oil y el Variable hacen rentable el proyecto, con alta incidencia del precio del Diesel proyectado en el caso High. Los demás escenarios no son rentables.

### 10.2.1 Sensibilización porcentaje de castigo al precio

Se busca el porcentaje de castigo al precio con respecto al Diesel para los casos High Oil y Variable que hacen el VAN igual a cero:

Tabla N°10.4: Sensibilización castigo al precio Planta 5 ton/día

HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	53%
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	27%

Fuente: Elaboración propia

Para el caso High Oil se observa que el margen para castigar el precio es menor a la mitad del precio del Diesel, mientras que para el caso variable se ajusta en un 27% siendo este un castigo razonable dado la concentración de azufre.

### 10.2.2 Sensibilización pago por retiro ALU

Se busca el precio a pagar por litro de ALU retirado con que para los casos High Oil y Variable hacen el VAN igual a cero:

Tabla N°10.5: Sensibilización pago por retiro ALU Planta 5 ton/día

HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$/L]	273
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$/L]	36

Fuente: Elaboración propia

Para el caso High Oil el máximo precio a pagar por litro de ALU retirado es \$273, mientras que para el caso Variable es \$36. Este último es un precio razonable de acuerdo a lo revisado en las visitas que se realizaron a la Planta Reprotec ubicada en la ciudad de Chillán.

### 10.3 SENSIBILIZACIÓN PLANTA 10 TON/DÍA

Se realiza un análisis de sensibilidad para los escenarios de precios considerando la producción de una Planta de Tratamiento de ALU de 10 ton/día. Los resultados se muestran en la tabla que sigue a continuación:

Tabla N°10.6: Resumen resultados Planta 10 ton/día

LOW OIL	VAN [MUSD]	-1196
	TIR	-
REFERENCE	VAN [MUSD]	445
	TIR	32%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	3376
	TIR	129%
VARIABLE	VAN [MUSD]	1400
	TIR	56%

Fuente: Elaboración propia

Para este caso tampoco se logra cubrir completamente la demanda de 1600 m<sup>3</sup> de Diesel para el modelo de negocios, quedando sólo 168 m<sup>3</sup> por cubrir.

Se aprecia que a los casos High Oil y el Variable se agrega el Reference dentro de los escenarios de rentabilidad positiva del proyecto. Para todos los casos mejoran los indicadores de VAN y TIR, dejando en evidencia el efecto del aumento de producción en el flujo de caja operacional.

#### 10.3.1 Sensibilización porcentaje de castigo al precio

Se busca el porcentaje de castigo al precio con que para los casos Reference, High Oil y Variable se hace el VAN igual a cero:

Tabla N°10.7: Sensibilización castigo al precio Planta 10 ton/día

REFERENCE	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	34%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	69%
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	52%

Fuente: Elaboración propia

Para los casos High Oil y Variable se observa que el margen para castigar el precio es superior al 50% con respecto al precio del Diesel. A priori es posible indicar que un combustible con estas características de precio es en extremo competitivo, por lo que se infiere que el ALU podría ser comercializado con un precio considerable.

### 10.3.2 Sensibilización pago por retiro ALU

Se busca el precio a pagar por litro de ALU retirado con que para los casos Reference, High Oil y Variable hacen el VAN igual a cero:

Tabla N°10.8: Sensibilización pago por retiro ALU Planta 10 ton/día

REFERENCE	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$/L]	27
HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$/L]	203
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$/L]	84

Fuente: Elaboración propia

Para el caso Reference el máximo precio a pagar por litro de ALU retirado es \$27, mientras que para el caso Variable es \$84, precio aún razonable de acuerdo a lo revisado en las visitas que se realizaron a la Planta Reprotec ubicada en la ciudad de Chillán.

## 10.4 SENSIBILIZACIÓN PLANTA 15 TON/DÍA

Se realiza un análisis de sensibilidad para los escenarios de precios considerando la producción de una Planta de Tratamiento de ALU de 15 ton/día. Los resultados se muestran en la tabla que sigue a continuación:

Tabla N°10.9: Resumen resultados Planta 10 ton/día

LOW OIL	VAN [MUSD]	-1580
	TIR	-
REFERENCE	VAN [MUSD]	882
	TIR	38%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	5278
	TIR	133%
VARIABLE	VAN [MUSD]	2313
	TIR	60%

Fuente: Elaboración propia

Para este caso la producción es de 2150 m<sup>3</sup> de DLF al año, sobrepasando la demanda del mercado de partidas de las Termoeléctricas a carbón y biomasa. Así, se hace necesario contratar fuerza de venta para buscar otros mercados. Esta contratación fue considerada en el aumento de costos fijos.

Se aprecia que el caso Low Oil continúa en pérdida, mientras que los demás se hacen aún más rentables.

### 10.4.1 Sensibilización porcentaje de castigo al precio

Se busca el porcentaje de castigo al precio con que los casos Reference, High Oil y Variable hacen el VAN igual a cero:

Tabla N°10.10: Sensibilización castigo al precio Planta 15 ton/día

REFERENCE	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	39%
HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	72%
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Castigo al precio	55%

Fuente: Elaboración propia

Mismo análisis que para la planta de 10 ton/día.

#### 10.4.2 Sensibilización pago por retiro ALU

Se busca el precio a pagar por litro de ALU retirado con que para los casos Reference, High Oil y Variable hacen el VAN igual a cero:

Tabla N°10.11: Sensibilización pago por retiro ALU Planta 15 ton/día

REFERENCE	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$ /L]	24
HIGH OIL	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$ /L]	141
VARIABLE	VAN [MUSD]	0
	Pago por ALU [\$ /L]	62

Fuente: Elaboración propia

Mismo análisis de caso para planta de 10 ton/día.

## 11 CONCLUSIONES

1. El modelo de negocios propuesto para el mercado energético regional es válido para rentabilizar los niveles de inversión de la Planta de Tratamiento de ALU de 10 y 15 ton/día en los casos Reference, High Oil y Variable sin considerar pago por retiro de ALU.
2. Para la capacidad de tratamiento de 10 ton/día no se cumple con la demanda del modelo de negocios propuesto, mientras que para la planta de 15 ton/día sí se cubre el requerimiento de combustible para las partidas de las Termoeléctricas de Coronel. En función de esto, la recomendación es invertir en una capacidad de tratamiento de 15 ton/día, ya que para este nivel de producción de CAL se obtienen rentabilidades incluso castigando el precio de venta por sobre el 20% con respecto al Diesel y también considerando valores conocidos de pago por aceite lubricante de motor usado.
3. Los costos que más inciden en la evaluación económica son el pago por litro retirado, los sueldos y la disposición final de los filtros.
4. La concentración de la demanda en la ciudad de Coronel hace atractiva la implementación de esta propuesta, considerando las economías que se pueden lograr en los costos de recolección por encontrarse cerca de la zona con mayor potencial de recuperación, la provincia de Concepción.
5. El DLF también puede sustituir al Fuel Oil 6, pero el menor valor de éste último en comparación al Diesel requiere un menor costo de producción del DLF para poder competir en precio. Así, una alternativa de combustible alternativo líquido producido a partir de aceites lubricantes usados de motor es uno producido en una planta de características similares a las existentes en Chile.

6. Finalmente, dado los resultados del caso base, que es el de mayor semejanza con la realidad actual, se concluye que esta propuesta de valorización energética de los aceites lubricantes de motor usado mitiga los sobrecostos en que incurrirán las compañías productoras y comercializadoras de aceites lubricantes de motor.

## **12 RECOMENDACIONES TRABAJOS FUTUROS**

Se recomienda realizar ensayos de laboratorio con muestras de DLF a modo de verificar la factibilidad de implementación del modelo de negocios de mezclas con Diesel estándar para la industria automotriz.

### 13 BIBLIOGRAFIA

1. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, Informe Parque Vehicular 2015, [en línea], [www.inebiobio.cl/archivos/files/pdf/ENFOQUES/Parque\\_Vehicular%202015.pdf](http://www.inebiobio.cl/archivos/files/pdf/ENFOQUES/Parque_Vehicular%202015.pdf), [consulta 26 febrero 2017].
2. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Ley Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, Ley N°20.920, [consulta febrero 2017].
3. PROYECTO CONAMA/GTZ 2008, Guía Técnica para Aceites Usados del Sector Transporte, [consulta marzo 2017].
4. BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE, Decreto 45, Establece Norma de Emisión para Incineración y Coincineración, [en línea], [www.leychile.cl/Navegar?idNorma=265301&idParte=&idVersion=2013-09-12](http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=265301&idParte=&idVersion=2013-09-12), [consulta 10 mayo 2017].
5. REVISTA Electricidad, [en línea] <http://www.revistaei.cl/2017/04/27/firman-apl-para-avanzar-en-recuperacion-de-aceites-lubricantes-usados/> >, [consulta 29 abril 2017]
6. ESTRUCPLAN, Informe Técnico sobre Aceites Usados y sus Usos 2011, [en línea], [www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2626](http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2626), [consulta 10 mayo 2017].
7. CHINA DOING GROUP, Waste Oil to Diesel Oil Recycling Plant, [en línea], [www.wasteoiltodieseloil.com](http://www.wasteoiltodieseloil.com), [consulta 12 junio 2017].

8. SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS, Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, [en línea], <[www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla\\_vida\\_enero.htm](http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm)>, [consulta 04 julio 2017]
  
9. U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Annual Energy Outlook 2017, [en línea], <[www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser)> [consulta 13 junio 2017]
  
10. Waste oils as alternative fuel for diesel engine: A review, K. Naima\* and A. Liazid 2013, [en línea], <[www.researchgate.net/publication/237008261\\_Journal\\_Waste\\_oils\\_as\\_alternative\\_fuel\\_for\\_diesel\\_engine\\_A\\_review](http://www.researchgate.net/publication/237008261_Journal_Waste_oils_as_alternative_fuel_for_diesel_engine_A_review)>

# ANEXO A1: PARQUE AUTOMOTRIZ REGIÓN DEL BIOBÍO

## PARQUE DE VEHICULOS EN CIRCULACION, POR TIPO DE VEHICULOS, REGION DEL BIOBIO, SEGÚN PROVINCIAS Y COMUNAS, AÑO 2015

Periodo	Total de vehículos			Tipo de vehículos (número)																
	Total	Moto- rizados	No-Moto- rizados	Particulares y otros										Transporte colectivo				Transporte de carga		
				Automóvil Station Wagons 1/ 2/	Todo Terreno 2/	Furgón	Camio- neta	Motocic- le y similares	Otros con motor 3/	Otros sin motor 4/	Taxi 5/	Minibus 6/	Bus 7/	Camión simple	Tracto- camión	Tractor Agrícola	Otros con motor 8/	Remolque semi- remolque		
																			18.045	3.526
Región del BíoBío	512.107	498.585	13.522	285.109	14.706	18.575	114.356	18.045	3.526	4.317	6.955	3.387	7.128	17.836	4.839	1.658	2.465	9.205		
Prov. Concepción	249.861	244.450	5.411	157.460	6.978	9.310	42.605	8.318	1.351	1.652	2.578	1.766	3.861	6.573	2.574	35	1.041	3.759		
Concepción	59.171	58.454	717	39.185	1.728	2.508	9.846	2.296	260	467	486	289	223	1.238	163	7	225	250		
Coronel	20.253	19.781	472	12.891	322	694	3.131	696	129	80	544	199	186	478	380	0	131	392		
Chiguayante	24.101	23.773	328	16.874	473	817	3.776	650	132	129	16	118	511	310	56	1	39	199		
Florida	2.465	2.312	153	913	62	159	807	61	18	14	0	19	18	187	48	1	19	139		
Hualqui	4.171	4.099	72	1.796	144	173	1.520	124	53	36	2	8	90	166	7	2	14	36		
Lota	7.537	7.402	135	4.117	140	381	1.491	217	34	29	261	99	351	230	67	1	13	106		
Penco	9.631	9.446	185	5.613	180	347	2.055	326	80	55	147	57	228	283	78	4	48	130		
San Pedro de la Paz	33.355	32.598	757	21.506	1.539	1.016	5.243	1.086	184	334	55	201	384	937	294	5	148	423		
Santa Juana	3.165	3.093	72	1.201	97	112	1.268	151	35	30	21	2	38	140	4	5	19	42		
Talcahuano	33.490	32.584	906	22.459	1.141	1.083	4.600	1.075	180	198	252	200	242	776	437	7	132	708		
Tomé	10.135	10.013	122	5.553	258	320	2.506	347	60	34	351	49	236	261	48	2	22	88		
Hualpén	42.387	40.895	1.492	25.352	894	1.700	6.362	1.289	186	246	443	525	1.354	1.567	992	0	231	1.246		
Prov. Arauco	34.435	33.391	1.044	14.703	1.590	1.331	10.977	758	330	287	602	332	422	1.904	161	67	214	757		
Lebu	4.196	4.162	34	2.194	90	140	1.269	115	29	24	113	7	32	131	6	7	29	10		
Arauco	9.090	8.694	396	3.900	553	264	2.791	192	38	108	76	100	116	538	60	18	48	288		
Cañete	8.032	7.748	284	3.499	370	332	2.387	145	90	77	129	75	137	502	24	29	29	207		
Contulmu	1.213	1.168	45	441	66	43	428	56	27	19	9	10	15	50	5	4	14	26		
Curanilahue	6.743	6.565	178	2.656	298	247	2.211	183	89	33	229	81	44	404	57	4	62	145		
Los Álamos	3.735	3.653	82	1.563	153	266	1.215	42	29	20	46	50	64	193	8	1	23	62		
Tirúa	1.426	1.401	25	450	60	39	676	25	28	6	0	9	14	86	1	4	9	19		
Prov. de BíoBío	104.378	100.625	3.753	51.836	3.293	3.320	27.654	3.500	840	1.231	1.749	529	1.257	4.336	1.213	584	514	2.522		
Los Angeles	53.500	51.806	1.694	29.631	1.740	1.812	11.484	2.117	376	674	1.170	213	563	1.957	332	227	184	1.020		
Antuco	2.698	2.527	171	871	96	87	1.098	33	17	19	0	20	23	227	29	4	22	152		
Cabrero	7.650	7.218	432	3.655	111	280	2.057	258	41	93	50	47	51	374	210	32	52	339		
Laja	5.450	5.317	133	2.985	128	129	1.352	168	56	46	140	22	50	163	90	6	28	87		
Mulchén	6.346	6.089	257	2.491	243	159	2.144	156	83	76	101	60	125	310	60	83	74	181		
Nacimiento	6.494	6.328	166	2.797	328	160	2.251	163	59	63	143	33	85	238	14	12	45	103		
Negrete	4.022	3.787	235	1.884	114	119	1.047	112	45	75	12	24	40	236	85	53	16	160		
Quilaco	849	839	10	312	32	20	368	16	9	5	0	9	19	35	0	12	7	5		
Quilleco	2.238	2.159	79	863	24	75	830	83	29	20	1	7	80	119	23	20	5	59		
San Rosendo	824	816	8	438	34	22	245	15	10	5	18	6	18	8	1	1	0	3		
Santa Bárbara	4.065	3.878	187	1.425	172	117	1.557	70	42	46	29	31	81	266	44	32	12	141		
Tucapel	4.177	3.909	268	1.588	124	163	1.252	109	39	42	7	23	35	169	309	69	22	226		
Yumbel	4.941	4.847	94	2.251	77	167	1.684	167	26	56	78	32	71	219	15	24	36	38		
Alto BíoBío	1.124	1.105	19	645	70	10	285	33	8	11	0	2	16	15	1	9	11	8		
Prov. de Ñuble	123.433	120.119	3.314	61.110	2.845	4.614	33.120	5.469	1.005	1.147	2.026	760	1.588	5.023	891	972	696	2.167		
Chillán	46.701	46.097	604	29.055	879	1.539	9.419	2.235	181	390	762	229	326	1.192	67	94	119	214		
Bulnes	5.108	4.852	256	2.455	112	222	1.219	207	59	57	52	0	45	222	135	85	39	199		
Cobquecura	3.269	3.211	58	1.415	52	211	1.239	112	28	18	1	5	20	90	12	11	15	40		
Coelemu	4.572	4.307	265	1.727	124	136	1.626	105	58	46	21	42	38	295	89	6	40	219		
Coihueco	4.635	4.473	162	1.815	135	204	1.577	171	71	36	14	69	71	221	10	92	23	126		
Chillán Viejo	11.734	11.166	568	4.834	372	546	2.466	559	77	147	668	105	310	917	194	20	98	421		
El Carmen	3.335	3.218	117	1.006	96	97	1.412	133	43	17	10	30	59	193	30	70	39	100		
Ninhue	1.469	1.423	46	548	16	42	502	26	44	8	0	16	125	86	12	3	3	38		
Ñiún	2.656	2.617	39	1.171	42	114	804	161	27	16	43	27	42	107	5	59	15	23		
Pemuco	1.717	1.661	56	628	85	73	602	81	22	29	1	11	30	59	5	44	20	27		
Pinto	3.320	3.197	123	1.187	142	117	1.204	91	27	65	13	10	56	177	8	114	51	58		
Portezuelo	993	985	8	334	17	56	402	29	39	7	6	3	35	58	0	0	6	1		
Quillón	4.991	4.781	210	2.058	152	170	1.661	169	34	52	55	48	19	263	96	9	47	158		
Quirihue	2.899	2.793	106	1.172	51	58	1.024	107	39	19	27	25	62	193	16	9	10	87		
Ranquíl	1.262	1.248	14	485	27	47	478	34	6	12	1	15	22	43	4	14	72	2		
San Carlos	12.585	12.272	313	5.910	267	494	3.432	859	133	126	266	52	169	432	42	167	49	187		
San Fabián	1.051	1.034	17	382	40	64	441	38	13	11	0	2	15	28	4	3	4	6		
San Ignacio	2.922	2.881	41	1.170	49	133	1.104	101	32	19	8	11	26	136	8	90	13	22		
San Nicolás	2.318	2.282	36	1.249	20	102	679	81	30	21	15	13	16	55	8	7	7	15		
Trehuaco	943	918	25	391	26	39	365	12	16	2	0	2	7	50	6	4	0	23		
Yungay	4.953	4.703	250	2.118	141	150	1.464	158	26	49	63	45	95	206	140	71	26	201		

Fuente: I.N.E, Dirección Regional del BíoBío

1/ Incluye ambulancias y carrozas fúnebre

2/ Incluye vehículos todo terreno tipo jeep

3/ Incluye casa rodante automotriz, minibus, otros

4/ Incluye casa rodante (hasta 1750 kg), carro de arrastre (hasta 1750 kg), otros

5/ Incluye taxi básico, colectivo y turismo

6/ Incluye minibus transporte colectivo (privado remunerado y turismo), furgón escolar y trabajadores

7/ Incluye bus y taxibus de transporte colectivo, bus transporte escolar y trabajadores

8/ Máquina automotriz especializada (grúa, aplanadora, barrenieves, etc); otros

## ANEXO A2:

### PROYECCIÓN DEL POTENCIAL DE RECUPERACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE DE MOTOR USADO EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO

La proyección se realiza utilizando los datos del último informe del INE 2015 y considerando una proyección promedio del 7%

PROYECCIÓN DE EVOLUCIÓN PARQUE AUTOMOTRIZ REGIÓN DEL BIOBÍO							
AÑO	PARQUE	CRECIMIENTO	Concep	Ñuble	BioBío	Arauco	Potencial
2000	197.293						
2001	204.923	104%					
2002	209.249	102%					
2003	216.288	103%					
2004	226.381	105%					
2005	242.172	107%					
2006	267.871	111%					
2007	283.704	106%					
2008	300.476	106%					
2009	312.085	104%					
2010	341.882	110%					
2011	379.451	111%					
2012	411.350	108%					
2013	444.000	108%					
2014	473.837	107%					
2015	498.585	105%	4.145.185	2.246.684	1.863.702	715.212	<b>8.970.784</b>
2016	538471,8	108%	4.476.800	2.426.419	2.012.799	772.429	<b>9.688.447</b>
2017	576164,826	107%	4.790.176	2.596.268	2.153.694	826.499	<b>10.366.638</b>
2018	616496,364	107%	5.125.488	2.778.007	2.304.453	884.354	<b>11.092.303</b>
2019	659651,109	107%	5.484.272	2.972.468	2.465.765	946.259	<b>11.868.764</b>
2020	705826,687	107%	5.868.171	3.180.540	2.638.368	1.012.497	<b>12.699.578</b>
2021	755234,555	107%	6.278.943	3.403.178	2.823.054	1.083.372	<b>13.588.548</b>
2022	808100,974	107%	6.718.470	3.641.401	3.020.668	1.159.208	<b>14.539.746</b>
2023	864668,042	107%	7.188.762	3.896.299	3.232.115	1.240.353	<b>15.557.529</b>
2024	925194,805	107%	7.691.976	4.169.040	3.458.363	1.327.178	<b>16.646.556</b>
2025	989958,441	107%	8.230.414	4.460.872	3.700.448	1.420.080	<b>17.811.815</b>
2026	1059255,53	107%	8.806.543	4.773.134	3.959.479	1.519.486	<b>19.058.642</b>
2027	1133403,42	107%	9.423.001	5.107.253	4.236.643	1.625.850	<b>20.392.746</b>

PASADO

## ANEXO A3:

### CÁLCULO PROYECCIÓN PRECIO DEL DIESEL EN CORONEL

La metodología utilizada se basa en considerar el precio actual del Diesel al que compra un cliente industrial del mercado regional a un suministrador estable y compararlos con el precio actual del WTI, marcador del petróleo para nuestro país. En este caso, para el Diesel se consideró una cotización de la Empresa Nacional de Energía, ENEX S.A., a un cliente industrial de la ciudad de Coronel. Cabe resaltar que se consideraron precios sin IVA ni impuesto específico para el caso del Diesel, ya que a pesar de tener que pagarlo, este es posteriormente recuperado por las generadoras. Así, se obtiene el siguiente factor:

Tabla: Factor de cálculo de precio del Diesel puesto en Coronel

DIESEL	
Tarifa ENEX [USD/L]	WTI [USD/barril]
0,39	45,26
Factor Diesel [barril/L]	0,009

Fuente: Elaboración propia

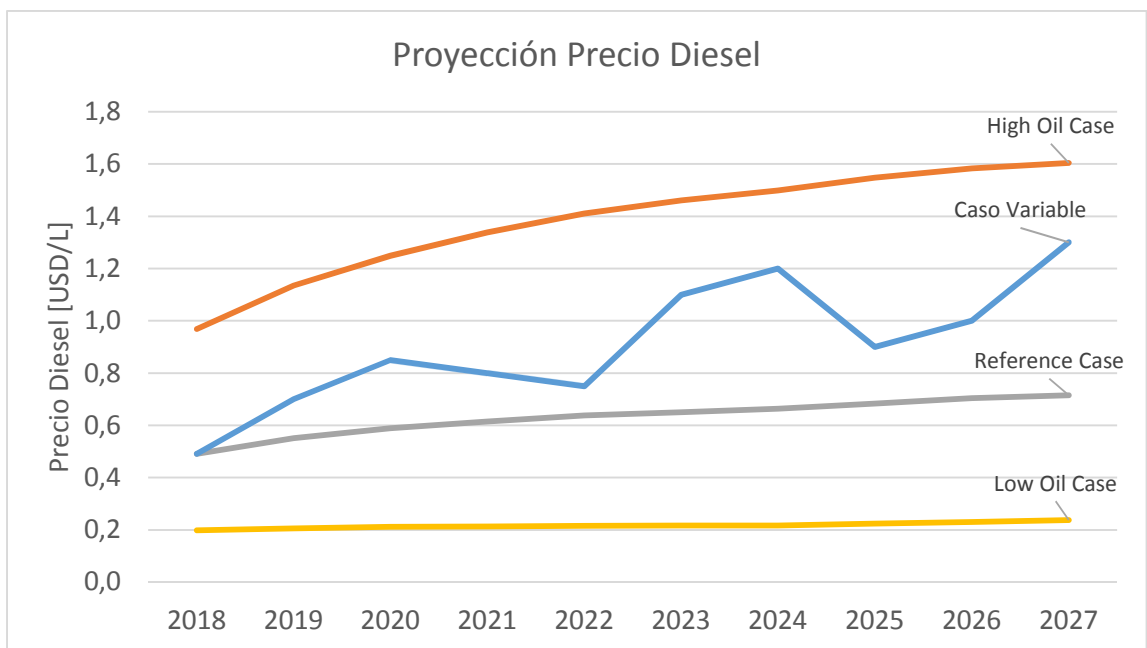
Con este factor es posible calcular el precio del Diesel en pesos chilenos por litro, puesto en un consumidor de la zona de Coronel utilizando la proyección del WTI [USD/barril] que entrega el AEO 2017.

Tabla: Proyección de Precios del Diesel en Chile

Year	High oil price USD/b	Proyección Diesel High Oil USD/L	Reference USD/b	Proyección Diesel Reference USD/L	Low oil price USD/b	Proyección Diesel Low Oil USD/L	Variable USD/b	Proyección Variable USD/L
2018	113,21	0,97	57,43	0,49	23,16	0,20	57,43	0,49
2019	132,62	1,13	64,38	0,55	24,03	0,21	81,83	0,70
2020	145,93	1,25	68,85	0,59	24,72	0,21	99,36	0,85
2021	156,41	1,34	71,85	0,61	24,95	0,21	93,52	0,80
2022	164,91	1,41	74,60	0,64	25,27	0,22	87,67	0,75
2023	170,78	1,46	76,01	0,65	25,29	0,22	128,59	1,10
2024	175,24	1,50	77,54	0,66	25,40	0,22	140,28	1,20
2025	180,96	1,55	79,95	0,68	26,15	0,22	105,21	0,90
2026	185,10	1,58	82,36	0,70	26,90	0,23	116,90	1,00
2027	187,55	1,60	83,57	0,71	27,75	0,24	151,97	1,30

Fuente: Elaboración propia con datos de la EIA-Annual Energy Outlook 2017

Gráficamente se tiene:



Fuente: Elaboración propia con datos de la EIA-Annual Energy Outlook 2017